

Ю. В. Воронович<sup>1</sup>, Д. А. Лавшук<sup>2</sup>, В. И. Загrevский<sup>3</sup>

Y. V. Voronovich, D. A. Lavshuk., V. I. Zagrevsky

<sup>1</sup> Могилевский институт МВД (Беларусь)

<sup>2,3</sup> Могилевский государственный университет  
им. А. А. Кулешова (Беларусь)

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
СИЛЫ РЕАКЦИИ ОПОРЫ И СВЯЗИ  
В СУСТАВАХ СПОРТСМЕНА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ  
ТЯЖЕЛОАТЛЕТИЧЕСКОГО УПРАЖНЕНИЯ «РЫВОК»**

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SUPPORT  
FORCE REACTION PARAMETERES AND JOINTS  
CONNECTION OF THE ATHLETE WHEN DOING  
WEIGHTLIFTING EXERCISE «SNATCH»**

***Аннотация.** В работе на основе полученного видеоматериала техники рывка в тяжелой атлетике проведен педагогический анализ данного упражнения. В качестве анализируемого показателя рассматривается сила реакции опоры и связи в суставах спортсмена.*

***Summary.** In this work, based on the received snatch technique video in weightlifting, analysis pedagogical made of this exercise. Support force reaction and joints connection of the athlete is considering as analyzing parameter.*

***Ключевые слова:** биомеханический анализ, видеосъемка, спортивная техника, тяжелая атлетика, рывок штанги, биомеханические характеристики.*

***Keywords:** biomechanical analysis, video shooting, sport technique, weightlifting, snatch, characteristics biomechanical.*

Количественный педагогико-биомеханический анализ техники спортивных упражнений может проводиться по многим направлениям [1–4], но в конечном итоге преследует одну цель – обоснование рациональности той или иной структуры соревновательного упражнения или эффективность двигательного действия в различных частях анализируемого движения.

Изучение литературных источников показывает [2; 4], что в большинстве случаев анализу подвергаются кинематические характеристики движения. Однако, как известно, кинематические характеристики описывают внешнюю картину движения, но не раскрывают причину его возникновения или изменения – данные аспекты описываются динамическими характеристиками движения. Непосредственная регистрация динамических характеристик представляет собой нетривиальную задачу, а зачастую она и невозможна. Так, в частности, крайне мало количественных данных о силе реакции опоры и связи в суставах спортсмена. Данная характеристика поз-

воляет ответить на вопрос, какие звенья тела несут наибольшую нагрузку во время выполнения упражнения. Кроме того, интересен вопрос о вариации нагрузки на звенья тела человека в зависимости от массы спортивного снаряда при выполнении тяжелоатлетического упражнения «Рывок».

Долгое время в биомеханике тяжелоатлетических упражнений динамические характеристики определяли с использованием инструментальных методов регистрации движения. Основным инструментом лабораторного получения силы реакции опоры – тензоплатформа. Опорная реакция регистрировалась как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскости [5]. По вертикальной составляющей опорной реакции можно достаточно четко фиксировать ритм движения атлета, длительность отдельных фаз. По горизонтальной можно судить о характере изменения скорости движения снаряда. Совместный анализ вертикальной и горизонтальной составляющих позволяет анализировать направление вектора силы тяжелоатлета, следовательно, и траекторию движения штанги.

Однако практическое применение тензоплощадки на соревнованиях не представляется возможным. Методы аналитической механики позволяют определить силы расчетным методом, по результатам оптической регистрации движений.

Активный поиск расчетных методик начали предпринимать в биомеханике в конце 60-х годов [6]. Однако используемые алгоритмы вычислений с соответствующими программами расчетов не распространялись на многосвязные модели, где число звеньев – варьируемый параметр. В своих исследованиях мы ориентировались на работы [7–9], где эта задача успешно преодолена.

Нами была произведена видеосъемка соревновательного тяжелоатлетического упражнения «Рывок». К видеосъемке предъявлялись традиционные требования в биомеханических исследованиях. Вариации весовых параметров штанги включали три пункта: 70 кг – малый вес, 100 кг – средний вес, 140 кг – максимальный вес. Для видеосъемок техники исследуемого упражнения привлечен мастер спорта 3-н Артем. Расчет биомеханических показателей движения выполнялся с использованием авторской компьютерной программы, составленной на алгоритмическом языке VB.NET, суть работы которой изложена в работе [9].

Биомеханический анализ техники рывка в тяжелой атлетике осуществлялся согласно структуре, описанной в работах [9; 10]. В отличие от традиционной структуры, в нашей модели четко выделены периоды, стадии, фазы (рисунок 1).

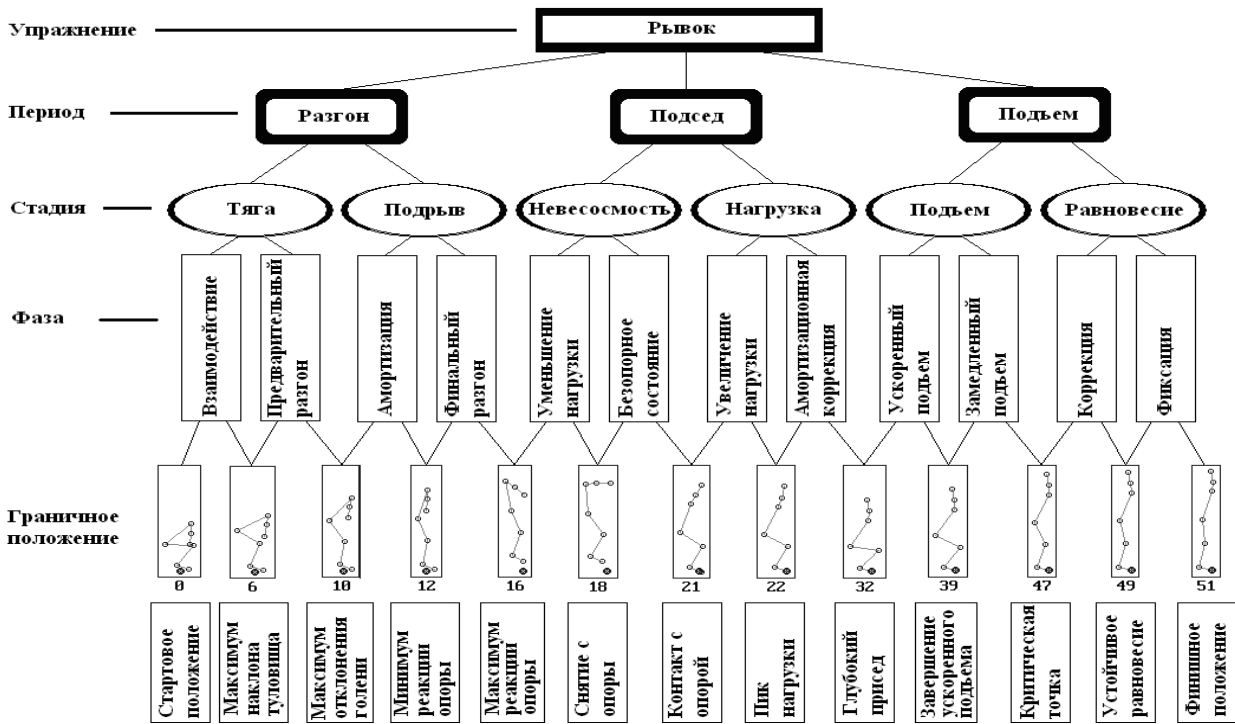


Рисунок 1 – Педагогическое структурирование соревновательного упражнения «Рывок» в тяжелой атлетике

Рассмотрим наиболее значимые вариации силы реакции опоры в отдельных фазах упражнения. Специфическим моментом фазы «Амортизация» является резкое и значительное уменьшение вертикальной составляющей силы реакции опоры (рисунок 2).

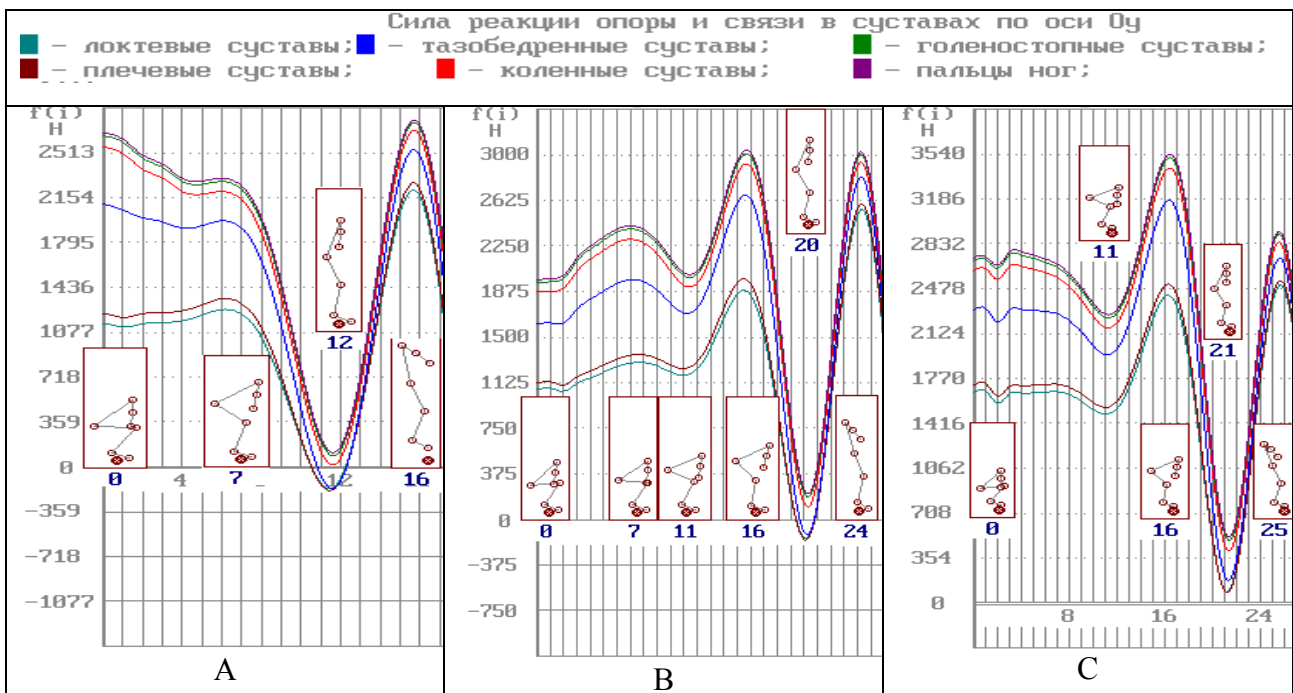


Рисунок 2 – Сила реакции опоры и связи в суставах по оси  $Oy$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

Спортсмен, «натываясь» на опору, опирается на нее (с позиций биомеханики). Снимаемая с опоры нагрузка достигает значительных величин, так как вертикальная составляющая силы реакции опоры снижается до  $100 \div 600$  Нм.

Критерий граничного положения фазы «Амортизация» – минимум показателя вертикальной составляющей силы реакции опоры. При достижении локального минимума вертикальной составляющей силы реакции опоры начинается заключительная фаза периода «Разгон», именуемая «Финальный разгон». Критерием завершения фазы «Финальный разгон» является достижение максимального значения вертикальной составляющей силы реакции опоры (рисунок 2 А, кадр 16; рисунок 2 В, кадр 24; рисунок 2 С, кадр 25).

Анализ расчетных показателей силы реакции опоры (рисунок 3) показывает, что действительно, в момент снятия с опоры (рисунок 3 А, кадр 18; рисунок 3 В, кадр 27; рисунок 3 С, кадр 29) горизонтальная составляющая силы реакции опоры достигает для каждого из рассматриваемых упражнений максимальных отрицательных значений. Зависимость между весом штанги и величиной горизонтальной составляющей силы реакции опоры в данном случае обратная.

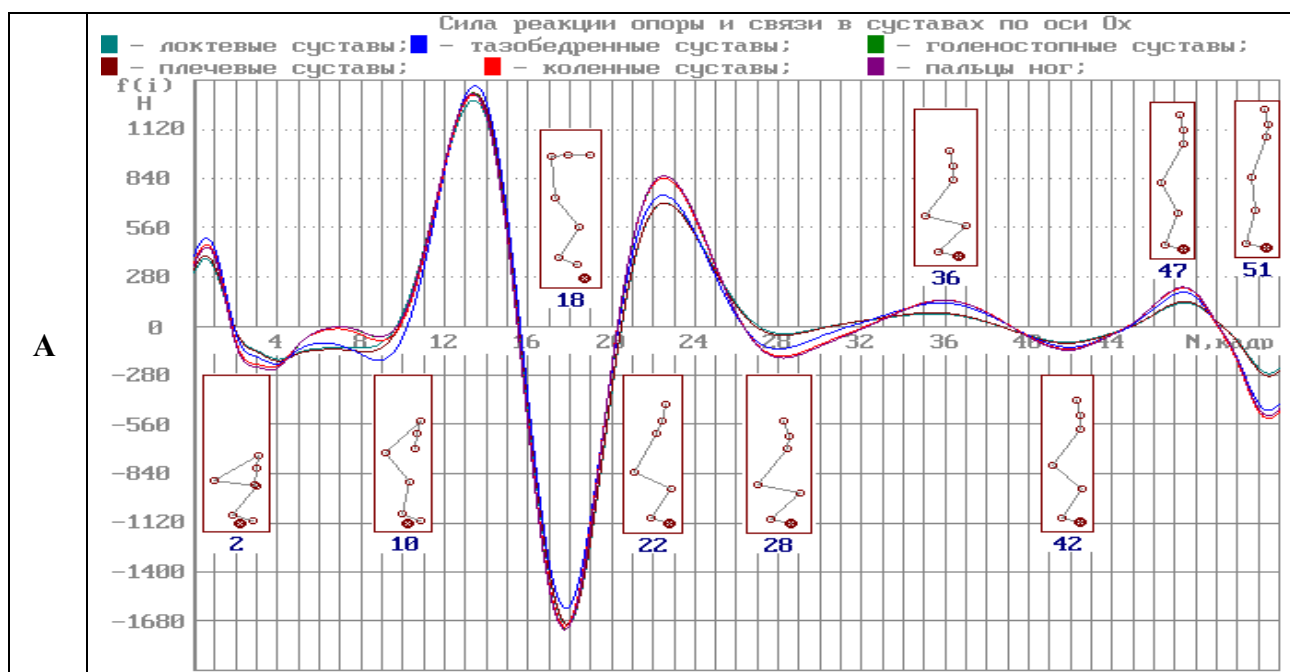
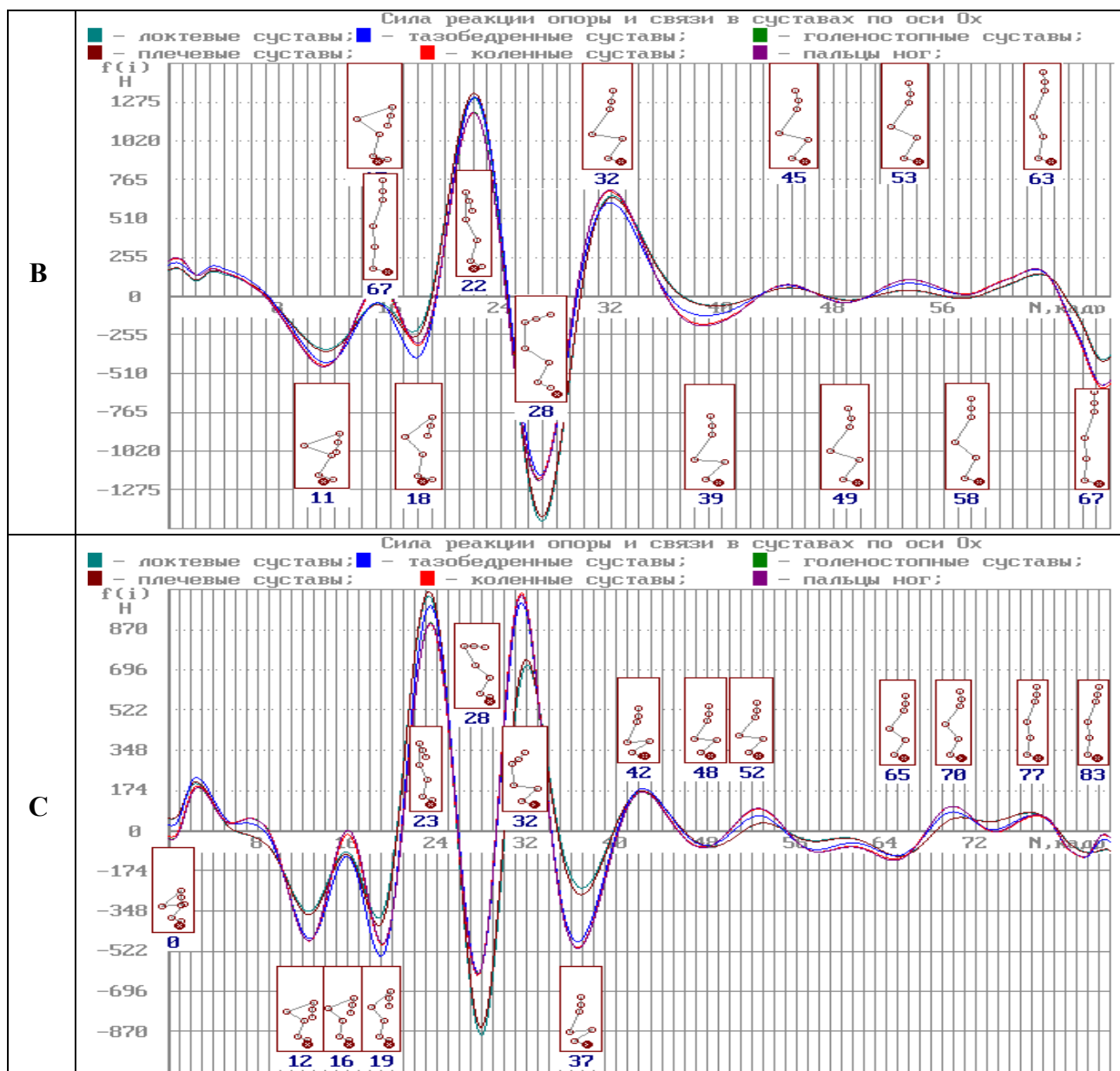


Рисунок 3 А– Сила реакции опоры и связи в суставах тяжелоатлета по оси Oх при подъеме штанги весом 70 кг (А) в упражнении «Рывок»



**Рисунок 3 В, С – Сила реакции опоры и связи в суставах тяжелоатлета по оси Oх при подъеме штанги весом 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»**

Длительность фазы «Безопорное состояние» определяется разностью момента времени начала опорного периода приседа и момента времени снятия с опоры. Для упражнения с поднимаемым весом 70 кг (рисунок 4 А) момент времени снятия с опоры соответствует кадрам 18 и 19, а момент времени начала опорного периода приседа – кадрам 20 и 21. В это время вертикальная составляющая силы реакции опоры равняется нулю. Для упражнения с весом 100 кг (рисунок 4 В) аналогичные показатели соответствуют значениям кадров 27–28 и 29–30. Временной показатель длительности безопорного состояния равен в обоих случаях по 0,086 с.

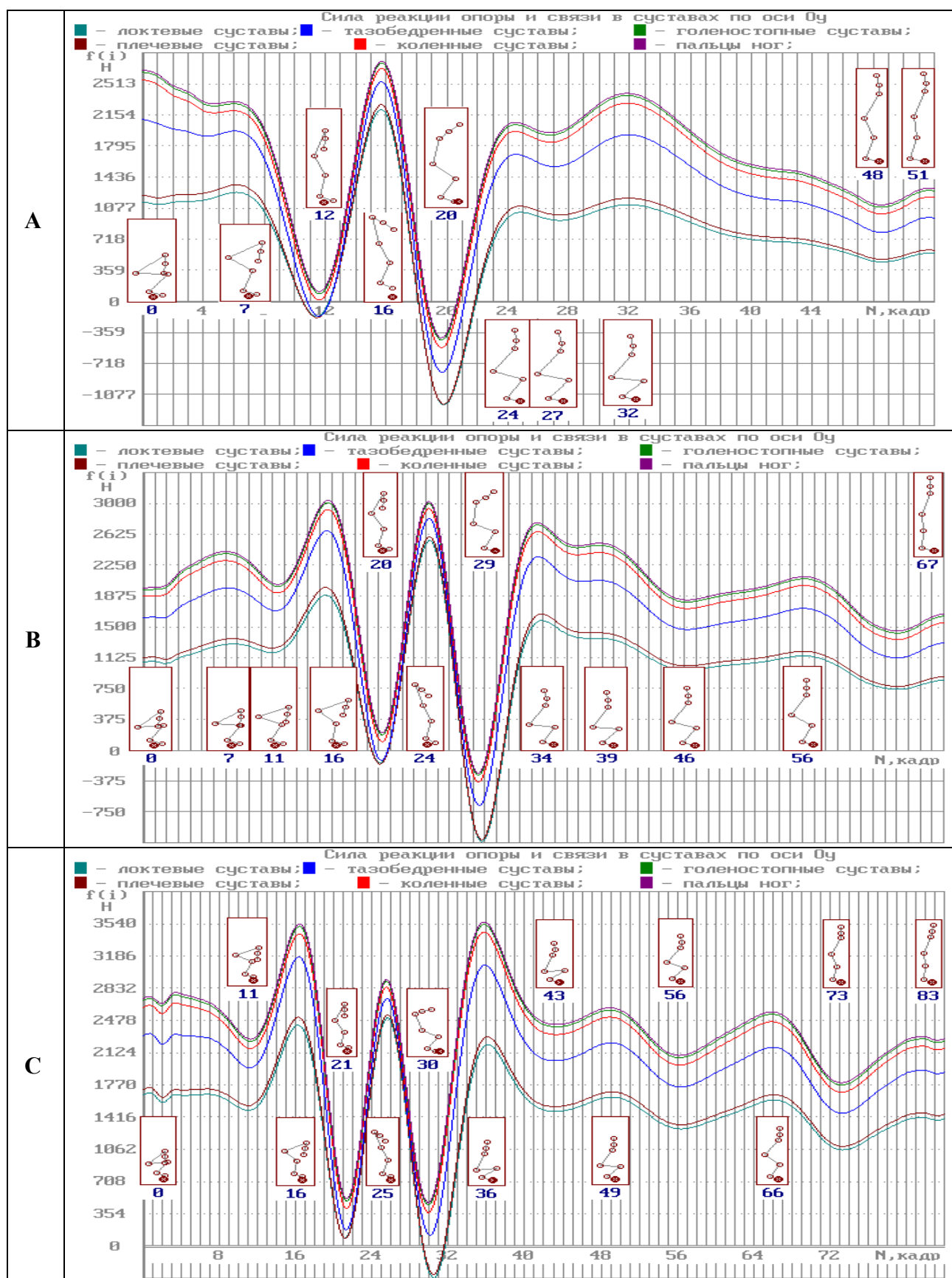


Рисунок 4 – Сила реакции опоры и связи в суставах спортсмена по оси  $Oy$  при подъеме штанги весом 70 кг (А), 100 кг (В), 140 кг (С) в упражнении «Рывок»

Возникает вопрос: если спортсмен в безопорном состоянии, то каким образом интерпретировать минусовые значения вертикальной составляющей силы реакции опоры, которые не должны иметь место, когда контакт спортсмена с опорой отсутствует? Все дело в том, что расчеты выполнялись с привязкой к тому, что съём стоп ног спортсмена с опоры отсутствует. Это дает возможность определить величину тяги опоры на себя, а в действительности как вертикальная, так и горизонтальная составляющие силы реакции опоры во время тяги опоры на себя, т. е. в безопорном состоянии, равны нулю. Для упражнения с весом 70 кг показатель тяги опоры на себя равен -400 Н (рисунок 4 А, кадр 20), для упражнения с весом 100 кг соответственно – -300 Н (рисунок 4 В, кадр 29). Таким образом, с увеличением веса поднимаемой штанги величина тяги опоры на себя уменьшается, следовательно, отмечается обратная зависимость между весом штанги и показателем тяги опоры на себя.

Вызывает интерес положение глобального максимума силы реакции опоры и связей в суставах при вариации массы снаряда. При массе снаряда в 70 кг глобальный максимум приходится на окончание фазы финального разгона и составляет для силы реакции опоры значение в 2600 Н. При массе снаряда в 100 кг уже в двух положениях максимальные значения – в конце фазы «Предварительный разгон» и конце фазы «Финальный разгон». Значение реакции опоры составляет 3000 Н. А при работе с максимальной массой снаряда в 140 кг глобальный максимум смещается в окончание фазы «Увеличение нагрузки» и равен 3500 Н. Следовательно, при максимальном весе именно прохождение данной точки траектории требует максимальных усилий спортсмена.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие обобщенные выводы.

1. В момент снятия с опоры горизонтальная сила реакции опоры достигает для каждого из рассматриваемых упражнений максимальных отрицательных значений, причем наблюдается тенденция уменьшения этих значений по модулю. Следовательно, зависимость между весом штанги и величиной горизонтальной составляющей силы реакции опоры при отрыве снаряда от опоры обратная.

2. С увеличением веса поднимаемой штанги величина тяги опоры на себя уменьшается, следовательно, наблюдается обратная зависимость между весом штанги и тяги опоры на себя.

3. Рост массы снаряда приводит к смещению момента максимальных усилий спортсмена.

## Библиографический список

1. Масловский, Е. А. Управление технической подготовкой метателей молота на основе срочной информации о биомеханических характеристиках метания / Е. А. Масловский, В. И. Загrevский // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Сер. Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – 2012. – Вип. 102. Т. 2. – С. 73–78.
2. Загrevский, В. И. Структурно-параметрическая перестройка техники гимнастических упражнений / В. И. Загrevский, О. И. Загrevский // Теория и практика физ. культуры. – 2015. – № 11. – С. 66–68.
3. Воронович, Ю. В. Сравнительный биомеханический анализ кинематических показателей техники рывка в тяжелой атлетике / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский // Мир спорта. – 2012. – № 1 (46). – С. 47–52.
4. Шерин, В. С. Техника перелета Ткачева ноги врозь на перекладине / В. С. Шерин, О. И. Загrevский // Теория и практика физической культуры. – М., 2012. – № 9. – С. 72–76.
5. Жеков, И. П. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений / И. П. Жеков. – М. : Физкультура и спорт, 1976. – 192 с.
6. Аксенов, Е. М. Биодинамические исследования техники гимнастических упражнений на брусьях и методика обучения им : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Е. М. Аксенов. – Л., 1969. – 200 с.
7. Загrevский, В. И. Модели анализа движений биомеханических систем / В. И. Загrevский. – Томск : Томск. ун-т, 1990. – 124 с.
8. Загrevский, В. И. Расчетные модели кинематики и динамики биомеханических систем / В. И. Загrevский. – Томск : Томск. гос. пед. ун-т, 1999. – 156 с.
9. Воронович, Ю. В. Биомеханика тяжелоатлетических упражнений : монография / Ю. В. Воронович, Д. А. Лавшук, В. И. Загrevский ; М-во внутр. дел Респ. Беларусь, учреждение образования «Могилевский институт Министерства внутренних дел Республики Беларусь». – Могилев : Могилев. институт МВД, 2014. – 196 с. : ил.
10. Воронович, Ю. В. Педагогическое структурирование тяжелоатлетического упражнения рывок / Ю. В. Воронович // Молодая наука – 2015. Региональная научно-практическая конференция студентов и аспирантов вузов Могилевской области: материалы конференций / под ред. А. В. Бирюкова. – Могилев : МГУ им. А. А. Кулешова, 2015. – С. 157.